

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-46481

(43)公開日 平成7年(1995)2月14日

(51)Int.Cl.⁹

H04N 5/335

識別記号

E

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全7頁)

(21)出願番号

特願平5-188054

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 宮武 茂博

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタカメラ株式会社内

(72)発明者 高田 謙二

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタカメラ株式会社内

(74)代理人 弁理士 佐野 静夫

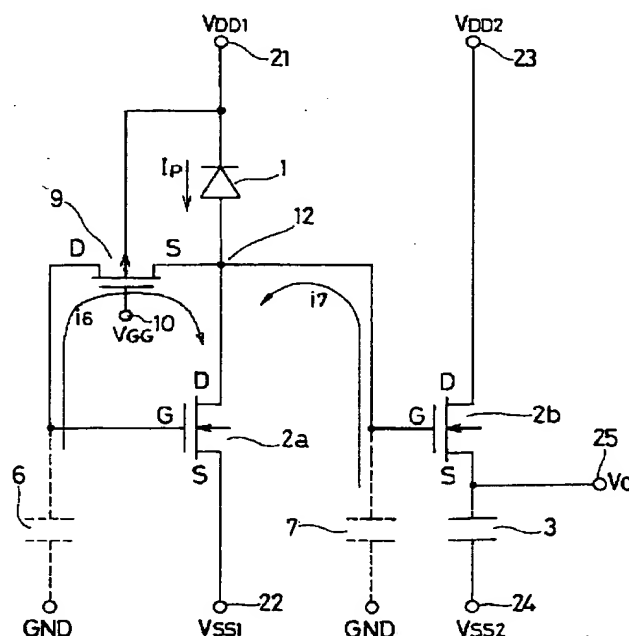
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 固体撮像装置

(57)【要約】

【目的】広い照度範囲にわたって出力電圧の追随性が良く、高輝度から低輝度までを高精度に撮像することのできる固体撮像装置を提供する。

【構成】ゲートとドレインを接続した対数変換用のMOSトランジスタ2aのドレインに光電変換用のフォトダイオード1を接続し、ゲート又はドレインから出力電圧を得るようにした固体撮像装置である。前記ドレインとゲートをフォトダイオード1から出力される光電流 I_P の増加に伴って抵抗値が減少するPチャンネルMOSトランジスタ9を介して接続した。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】ゲートとドレインを接続した対数変換用の MOS トランジスタのドレインに光電変換手段を接続し、ゲート又はドレインから出力電圧を得るようにした固体撮像装置において、前記光電変換手段から出力される光電流の増加に伴って抵抗値が減少する抵抗性インピーダンスを介して前記ドレインとゲートを接続したことを特徴とする固体撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光信号を電気信号に変換する固体撮像装置に関し、特に対数変換機能を内蔵することによりダイナミックレンジを拡大した固体撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】固体撮像装置は、小型、軽量で低消費電力であるのみならず、画像歪や焼き付きがなく、振動や磁界などの環境条件に強い。また、LSI と共通あるいは類似の工程で製造できることから、信頼性が高く、量産にも適している。このため現在、1 次元固体撮像装置はファクシミリなどに、2 次元固体撮像装置はビデオカメラなどに幅広く用いられている。

【0003】ところで、多くの固体撮像装置は、銀塩フィルムと比較してダイナミックレンジが狭く、このため露光量を精密に制御する必要がある、また露光量を精密に制御しても、暗い部分が黒くつぶれたり、明るい部分が飽和したりすることが生じやすいという欠点がある。これらの問題を解決し、ダイナミックレンジが広く、高輝度から低輝度までを撮像することのできる固体撮像装

置が提案されている。それによれば、入射した光量に応じた光電流を発生しうる感光手段と、光電流を入力する MOS トランジスタと、MOS トランジスタを閾値電圧以下で且つサブスレッショルド電流が流れうる状態にバイアスするバイアス手段とを用意し、前記 MOS トランジスタをサブスレッショルド電流特性域で使うことにより光電流を対数圧縮変換できるというものである。

【0004】図 4 は、本願出願人が先に特願平 1-334472 号として出願した固体撮像装置の 1 画素の回路構成を示したものである。同図において、1 は照射された光量に応じた光電流 I_p を発生するフォトダイオードであり、そのカソードは端子 21 を介して直流電圧 V_{DD1} に接続されている。また、アノードは対数変換用の MOS トランジスタ 2a のドレインとゲートに接続される。MOS トランジスタ 2a のソースは端子 22 を介して直流電圧 V_{SS1} に接続される。

【0005】MOS トランジスタ 2a の出力はゲート（ドレイン）から取り出され、第 2 の MOS トランジスタ 2b のゲートに入力される。この MOS トランジスタ 2b のドレインは端子 23 を介して直流電圧 V_{DD2} に接続され、ソースはコンデンサ 3 と出力端子 25 に接続されている。コンデンサ 3 の他端は端子 24 を介して直流電圧 V_{SS2} に接続される。このコンデンサ 3 は MOS トランジスタ 2a の出力に基いてトランジスタ 2b を流れる電流 I_2 を積分する役割を果たす。

【0006】本回路によると、時間 t が、 $t=0$ のとき出力電圧 V_0 を、 $V_0=V_{01}$ とすれば、MOS トランジスタの基板バイアス効果を見捨てると、次式が得られる。

$$V_0 = V_{SS1} + (nkT/q) \ln \left[(q/nkTC) \int I_p dt + \exp \left\{ (q/nkT) (V_{01} - V_{SS1}) \right\} \right] \dots \dots (1)$$

但し、

q : 電子電荷量

k : ボルツマン定数

T : 絶対温度

n : MOS トランジスタ 2a、2b の形状などで決まる定数

C : コンデンサ 3 の容量

【0007】(1) 式は、光電流 I_p の積分値と、 $V_{01} - V_{SS1}$ で決まる一定値との和が電圧 V_0 に対数変換されることを示している。即ち、 $V_{01} - V_{SS1}$ が充分小さければ、(1) 式は次のようになり、正確に対数変換できることになる。

【0008】

$$V_0 = V_{SS1} + (nkT/q) \ln \left[(q/nkTC) \int I_p dt \right] \dots \dots (2)$$

【0009】以上のようにして先の出願（特願平 1-334472 号）によれば、光電流 I_p の積分値が対数変換される。すなわち、積分期間中にフォトダイオード 1 に入射する光の強度が変化し、これに伴って光電流 I_p が変化しても、その積分値が対数変換されることになる（対数変換機能を持たない通常の固体撮像装置においては、光電流 I_p の積分値に比例した信号が得られる）。このため、ダイナミックレンジが広く、高輝度から低輝度までを撮像することのできる固体撮像装置を実現することができる。

【0010】しかしながら前記発明においては、フォトダイオード 1 に入射する光の強度が急激に変化する場合には、出力電圧 V_0 が光の強度の変化に十分に追従できないという問題がある。これは、図 4 に点線で示すように、N チャンネル型の第 1 MOS トランジスタ 2a と第 2 MOS トランジスタ 2b の接続点 4 に浮遊容量 5 が存在することに起因する。すなわち、(1) または (2) 式を得るためには、先の出願の明細書にも記載したように、第 1 及び第 2 MOS トランジスタ 2a、2b のゲート電圧 V_0 が、光電流 I_p に対応して、次式のように変化

することが必要である。

$$V_g = V_{SS1} + V_T + \{ (n k T / q) \ln (I_P / I_{D0}) \} \dots (3)$$

ここで、

V_T : 第1MOSトランジスタ2aの閾値電圧

I_{D0} : 第1MOSトランジスタ2aの形状などによって決まる定数

【0012】定常状態では(3)式によって、 V_g が定まり、浮遊容量5には電流が流れない。しかし、 I_P が変化するときには、浮遊容量5の充電または放電のための電流が浮遊容量5に流れ、充電または放電が完了したときにその電流が0となって、 V_g が(3)式で与えられる値となる。このため、 I_P の変化に対して V_g の追従が遅れる(浮遊容量5の充電または放電に要する時間だけ遅れる)ことになる。それ故、 I_P が変化したときには、(1)または(2)式に基づいた対数変換が正確に行われないことになる。

【0013】この追従性が悪くなる点を、より詳しく説明すると、まず、光量が減少して I_P が小さくなった場合について述べる。このときは、浮遊容量5に蓄積した電荷が放電し、 V_g の電位が降下して行くが、この放電は第1MOSトランジスタ2aのドレイン電流を介して行われる。該ドレイン電流はゲート電圧の低下と共に減少する。それ故、浮遊容量5に蓄積した電荷の放電が進み、ゲート電圧の低下と共に、ドレイン電流が減少し、放電の効率も低下することになって放電時間が長くなる。よって V_g の I_P の変化に対する追従性が悪いことになる。

【0014】一方、光量が増加して I_P が大きくなった場合には、浮遊容量5に電荷が充電されていくことにより、 V_g の電位が上昇して行く。この充電電流はフォトダイオード1より供給される。しかしながら、フォトダイオード1を流れる電流 I_P は浮遊容量5と第1MOSトランジスタ2aを流れる電流に分けられるため、第1MOSトランジスタ2aを流れる電流が多ければ多いほど、充電の効率も低下する。しかるに、第1MOSトランジスタ2aのゲート電圧は浮遊容量5の充電と共に上昇し、第1MOSトランジスタ2aを流れる電流が多くなり、充電の効率も低下することになる。よって、この場合も、 V_g の I_P の変化に対する追従性が悪いことになる。

【0015】この問題を克服するために本発明者は対数変換用MOSトランジスタのゲートとドレインを図5に示すように抵抗性インピーダンス8を介して接続することを案出し、その固体撮像装置を既に特願平4-19337号として出願している。この構成によれば、光電流 I_P が減少し、第1MOSトランジスタ2aのドレイン電圧が降下する場合には、そのゲート電圧の降下が遅れて、ドレイン電流が大きく保たれる。一方、光電流 I_P が増加し、ドレイン電圧が上昇する場合には、ゲート電圧の上昇が遅れて、ドレイン電流が小さく保たれる。こ

【0011】

のため、浮遊容量6に対する充電又は放電が早く行われ、光電流 I_P の変化に対する第1MOSトランジスタ2aのゲート電圧 V_g の変化が早くなり、その追従性が飛躍的に改善される。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】ところで、対数変換回路を内蔵した固体撮像装置は広いダイナミックレンジに対応する必要があるため数桁にわたる光電流の変化に対応できることが望ましい。しかし、光電流の変化が数桁に及ぶような広範囲で用いるとき、特願平4-19337号のように一定の抵抗値の抵抗性インピーダンスでは、上述した追従性が充分得られないという問題が生じる。即ち、光電流が非常に大きな値で定常動作している状態から非常に小さい値に変化したとき、その変化が起きる時点でのMOSトランジスタ2aのゲート電圧は高いので、MOSトランジスタ2aの導通度は高い。そのため、ゲート電圧が高い状態が比較的長くと、光電流及び浮遊容量7の放電電流がMOSトランジスタ2aに過剰に流れ、そのドレイン電圧が下がり過ぎる(オーバーシュートする)ことになる。これはドレイン電圧が、そのオーバーシュート点から所望点に復帰する時間が必要になること、従って上記した追従性が損なわれるを意味する。

【0017】一方、光電流が非常に小さい値で定常動作している状態から非常に大きい値に変化したときには、あまり問題にならない。それは、その変化が起きた時点でのゲート電圧は非常に低く、MOSトランジスタ2aの低い導通度によってドレイン電流が抑えられてしまい、ドレイン電圧が上がるが、同時にその分、抵抗性インピーダンスを通してゲート側にも光電流が流れやすくなり、ゲート電圧が上昇するように作用するからである。

【0018】本発明は光電流が非常に大きい状態から非常に小さい状態に変化したときの追従性を特に向上させ、それによって広い照度範囲にわたって出力電圧の追従性が良く、高輝度から低輝度までを高精度に撮像することのできる固体撮像装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明では、ゲートとドレインを接続した対数変換用のMOSトランジスタのドレインに光電変換手段を接続し、ゲート又はドレインから出力電圧を得るようにした固体撮像装置において、前記ドレインとゲートを前記光電変換手段から出力される光電流の増加に伴って抵抗値が減少する抵抗性インピーダンスを介して接続した構成としている。

【0020】

【作用】このような構成によれば、光電流 I_p が減少し、ドレイン電圧が低下する場合には、ゲート電圧の低下が遅れて、ドレイン電流が大きく保たれる。一方、 I_p が増加し、ドレイン電圧が上昇する場合には、ゲート電圧の上昇が遅れて、ドレイン電流が小さく保たれる。このため、浮遊容量に対する充電又は放電が早く行なわれ、光電流 I_p の変化に対する第1MOSトランジスタ2aのゲート電圧 V_g の変化が早くなり、その追随性が改善される。しかも、抵抗性インピーダンスは、光電流が大きい範囲では抵抗値が小さくなっているため、この状態から光電流が著しく小さい値に変化した場合、抵抗性インピーダンスを介してゲート側からドレイン側へ流れる電流が多くなり、ゲート電流が早く低下するので、対数変換用トランジスタの導通度も低くなり、ドレイン電圧が過度に低下するのを阻止する。

【0021】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照しながら具体的に説明する。図1は、本発明を適用した固体撮像装置の1画素の回路構成を示したものである。ここでは、Nチャンネル型の第1MOSトランジスタ2aのドレインとゲートの間にPチャンネルMOSトランジスタ9が挿入され、該PチャンネルMOSトランジスタ9のゲートには端子10により、直流電圧 V_{GS} が印加される。第2MOSトランジスタ2bのゲートは第1MOS

$$V_D = V_G = V_{SS1} + V_T + \{ (nkT/q) \ln (I_P / I_{PD}) \}$$

PチャンネルMOSトランジスタ9のゲート・ソース間

$$V_{PDS} = V_{GS} - V_D$$

$$= V_{GS} - V_{SS1} - V_T - \{ (nkT/q) \ln (I_P / I_{PD}) \} \dots (4)$$

PチャンネルMOSトランジスタ9を流れる電流 I

$$I_{PD} = I_{PD0} \exp \{ (-q/nkT) \cdot (V_{PDS} - V_{PT}) \} \dots (5)$$

ここで、 I_{PD0} を0より小さい定数、 V_{PT} をPチャンネルMOSトランジスタ9の閾値電圧 (< 0) とする。

$$I_{PD} = I_{PD0} \exp \{ (-q/nkT) \cdot (V_{GS} - V_{SS1} - V_T - V_{PT}) \} \times$$

ここで、 $I_{PD0} \exp \{ (-q/nkT) \cdot (V_{GS} - V_{SS1} - V_T - V_{PT}) \}$ は定数であり、 $\exp \{ \ln (I_P / I_{PD}) \}$ は I_P / I_{PD} とみなすと、 I_{PD} は I_P に比例する。

【0025】以上述べたことによりPチャンネルMOSトランジスタ9のゲートに印加するDC電圧 V_{GS} を調整することによってPチャンネルMOSトランジスタ9の導電率を光電流 I_P にほぼ比例するようにできることが分かる。これはまた、PチャンネルMOSトランジスタ9の抵抗値が光電流の増大に従って減少することでもあるので、光電流の大きな範囲では、その抵抗値は小さくなっている。

【0026】上記のように直流電圧 V_{GS} が調整された状態での本実施例回路の動作を特に光電流が急に変化したときの追随性に関する動作について以下に説明する。尚、図1において、各直流電圧は、例えば $V_{GS} = 2V$ 、 $V_{DD1} = V_{DD2} = 10V$ 、 $V_{SS1} = V_{SS2} = 6V$ に選んであ

トランジスタ2aのドレインと接続されている。このとき、浮遊容量6及び7が第1MOSトランジスタ2aのゲート及びドレインに存在することになる。

【0022】ここで前記PチャンネルMOSトランジスタ9の動作について説明する。PチャンネルMOSトランジスタ9が導通していれば、第1MOSトランジスタ2aのゲート及びドレイン電圧は同一電圧であり、その電圧は(3)式により得られる。これはPチャンネルMOSトランジスタ9のソース電圧とドレイン電圧が光電流 I_P の増大に対して対数的に増大することを意味する。一方、PチャンネルMOSトランジスタ9のゲートには一定の直流電圧 V_{GS} が印加されているから該トランジスタ9のゲート・ソース間電圧は光電流 I_P の増大に伴って対数的に減少することになる。該MOSトランジスタ9がサブスレッショルド領域で動作するように前記 V_{GS} を選んでおけば、該MOSトランジスタ9はPチャンネル型であるから、そのドレイン・ソース間電流は、ゲート・ソース間電圧の減少に対して指数関数的に増加することになる。これは換言して言えば、PチャンネルMOSトランジスタ9のドレイン・ソース間の抵抗が指数関数的に減少することである。以上のことを式で説明すると、次のようになる。

【0023】(3)式より、MOSトランジスタ2aのドレイン電圧 V_D とゲート電圧 V_G は、

電圧 V_{PDS} は、

【0024】

$$\exp \{ \ln (I_P / I_{PD}) \} \dots (6)$$

るものとする。

【0027】まず、光量が減少して光電流 I_P が小さくなった場合について述べる。このときは、浮遊容量6及び7に蓄積した電荷が放電し、第1MOSトランジスタ2aのゲート電圧 V_g 及び第1MOSトランジスタ2aのドレイン電圧 V_D が低下して行く。この放電は浮遊容量7については第1MOSトランジスタ2aのドレイン電流を介して行われ、一方、浮遊容量6についてはPチャンネルMOSトランジスタ9及び第1MOSトランジスタ2aのドレイン電流を介して行われる。

【0028】このため、浮遊容量7の放電電流 i_7 が流れることにより浮遊容量7の電圧が下がり、第1MOSトランジスタ2aのドレイン電圧 V_D は下がる。一方、PチャンネルMOSトランジスタ9に浮遊容量6からの放電電流 i_6 が流れている間は第1MOSトランジスタ2aのゲート電圧 V_g がドレイン電圧 V_D よりも高くなっ

ており、その放電電流 i_6 が 0 になると、 V_6 は V_0 と等しくなる。換言すれば、ドレイン電圧 V_0 の低下よりもゲート電圧 V_6 の低下が遅れることになる。前記第 1 MOS トランジスタ 2 a のドレイン電流はゲート電圧 V_6 が高いほど大きいため、浮遊容量 7 の放電が進んでもドレイン電流はあまり低下しないことになる。このため、P チャンネル MOS トランジスタ 9 を介して放電が行われる浮遊容量 6 についても、放電が速やかに行われることになる。

【0029】光電流 I_p が非常に大きな値の定常状態から非常に小さな値に変化したときも同じような動作が遂行されるが、変化が起きた時点での P チャンネル MOS トランジスタ 9 の抵抗値は先に述べたように低いので、浮遊容量 6 の放電電流はこの P チャンネル MOS トランジスタ 9 を通して充分流れ、ゲート電圧の低下が、その分早くなって第 1 MOS トランジスタ 2 a の導通度が抑えられる。従って、ドレイン電圧が低下し過ぎてしまうという不具合が生じない。

【0030】一方、光量が増加して光電流 I_p が大きくなった場合には、浮遊容量 6 及び 7 に電荷が充電されることにより、浮遊容量 6 及び 7 の電圧が上昇し、それらに接続されているドレインとゲートの電圧 V_6 及び V_0 も上昇することになる。この場合は、光電流 I_p が浮遊容量 6 及び 7 への充電電流と第 1 MOS トランジスタ 2 a を流れるドレイン電流に分けられるため、第 1 MOS トランジスタ 2 a を流れる電流が少なれば少ないほど充電の効率が向上する。本実施例では、第 1 MOS トランジスタ 2 a のゲートは P チャンネル MOS トランジスタ 9 を介してドレインに接続されているため、ドレイン電圧 V_0 の上昇に対し、MOS トランジスタ 2 a のゲート電圧 V_6 の上昇が遅れることになる。このため、ドレイン電圧 V_0 が上昇してもドレイン電流はあまり増加しないことになり、浮遊容量 7 の充電効率が向上する。また P チャンネル MOS トランジスタ 9 を介して行われる浮遊容量 6 の充電も浮遊容量 7 の充電に追従して速やかに行われることになる。

【0031】図 2 は、本発明の第 2 の実施例を示したものである。この実施例は、第 2 MOS トランジスタ 2 b のゲートが第 1 MOS トランジスタ 2 a のゲートに直接接続されるとともに、第 1 MOS トランジスタ 2 a のドレインに対しては P チャンネル MOS トランジスタ 9 を介して接続されている点で図 1 の実施例と異なっているだけであって、その他の部分は図 1 と同一である。

【0032】そして、この第 2 実施例においても、図 1 の実施例の説明で述べたように、第 1 MOS トランジスタ 2 a のゲート電圧 V_6 が光量の変化に速やかに追従することから、出力電圧 V_0 も光量変化に速やかに追従できることになる。

【0033】図 3 は、本発明の第 3 の実施例を示したものである。この第 3 の実施例では、図 1 の実施例にお

るフォトダイオード 1 のアノードと第 1 MOS トランジスタ 2 a のドレイン及び第 2 MOS トランジスタ 2 b のゲートの接続点 1 2 に P チャンネル MOS トランジスタよりなるスイッチ 1 1 が接続されている点で図 1 の実施例と相違している。このスイッチ 1 1 は端子 2 6 を通して与えられるパルス Φ_p により導通と遮断の選択が可能で、導通時には前記接続点の電位を端子 2 7 の直流電圧 V_P とすることができる。また、このスイッチ 1 1 は n チャンネル MOS トランジスタ等で構成することも可能である。ここで、 Φ_p は波高値 5 V、 V_P は 8 V であり、他の直流電圧は図 1 の場合と同一とする。

【0034】尚、積分用のコンデンサ 3 の両端には、スイッチ 2 8 が設けられており、電流 I_2 の積分を開始するときは、このスイッチ 2 8 は OFF にされ、積分値をクリアするときは ON となる。スイッチ 2 8 は MOS トランジスタで構成され、ON・OFF のための制御信号がゲートに与えられるようになっている。スイッチ 2 8 は図 1、図 2 にも同じように設けられるが、図示省略されている。

【0035】さて、この実施例ではコンデンサ 3 の積分動作の開始前にスイッチ 1 1 を導通状態にし、接続点 1 2 の電位を V_P とするとともに、スイッチ 1 1 を遮断状態とする。図 1 及び図 2 の実施例で、接続点 1 2 や 1 4 の電位が高い程、第 1 MOS トランジスタ 2 a のゲート電圧が高くなって該トランジスタ 2 a を流れる電流が大きくなって短時間で光量変化に追従できる。第 3 実施例では、スイッチ 1 1 によって接続点 1 2 の電位を任意の直流電圧 V_P に設定することができるので、図 1、図 2 の実施例に比べて、より高速化が図れることになる。図 2 の実施例においても接続点 1 3 又は 1 4 をスイッチを介して直流電圧と接続するようにしてもよい。それによって図 3 と同様の効果が得られる。

【0036】上記図 1～図 3 の実施例において、P チャンネル MOS トランジスタ 9 のサブストレートを直流電圧 V_{DD} に接続しているが、他の直流電圧に接続してもよい。また上記各実施例において、第 1、第 2 MOS トランジスタ 2 a、2 b を P チャンネル MOS トランジスタに置き換え、抵抗性インピーダンスとして N チャンネル MOS トランジスタを用いてもよい。ただし、この場合は、フォトダイオード 1 の極性を逆に接続するものとする。

【0037】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明によれば、光電流が非常に大きい状態から非常に小さい値に変化した場合でも対数変換用 MOS トランジスタのゲート電圧及び出力電圧の追従性が飛躍的に向上するので、ダイナミックレンジが広く、高輝度から低輝度までを高精度に撮像することのできる固体撮像装置を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の固体撮像装置の第 1 実施例の回路図。

【図 2】 本発明の固体撮像装置の第 2 実施例の回路図。

【図 3】 本発明の固体撮像装置の第 3 実施例の回路図。

【図 4】 従来例の固体撮像装置の回路図。

【図 5】 他の従来例の回路図。

【符号の説明】

1 フォトダイオード

2 a 第 1 MOS トランジスタ

2 b 第 2 MOS トランジスタ

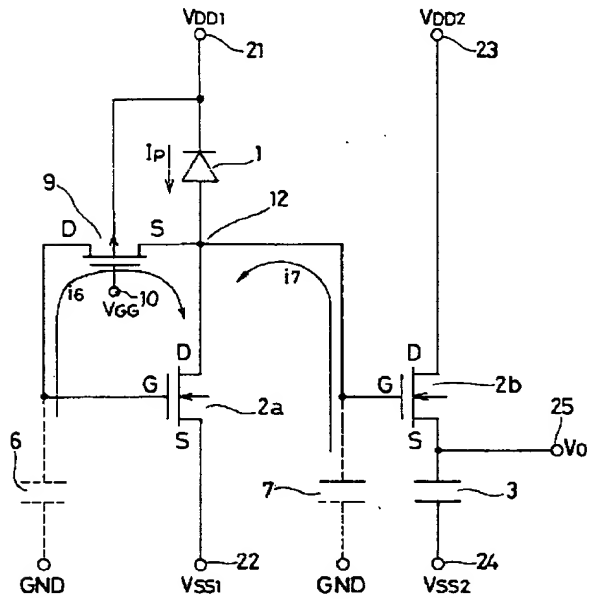
6 ゲートの浮遊容量

7 ドレインの浮遊容量

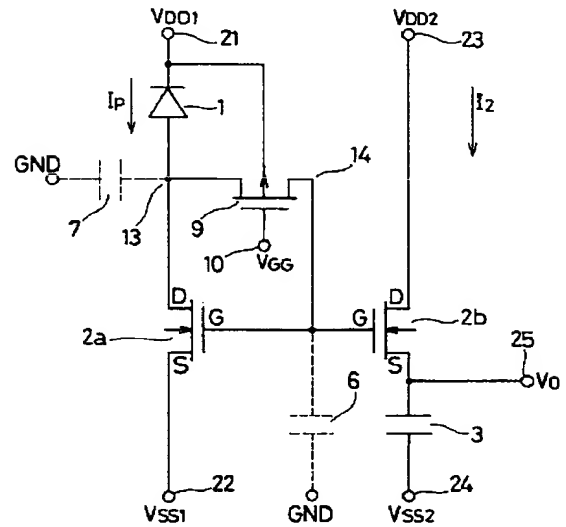
9 P チャンネル MOS トランジスタ

11 スイッチ

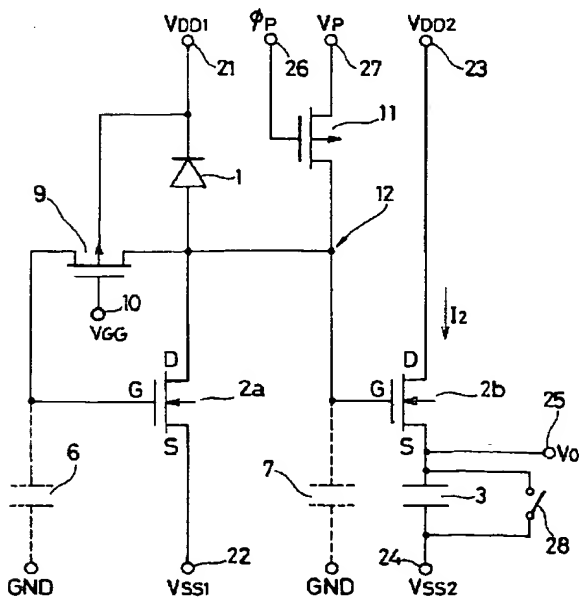
【図 1】



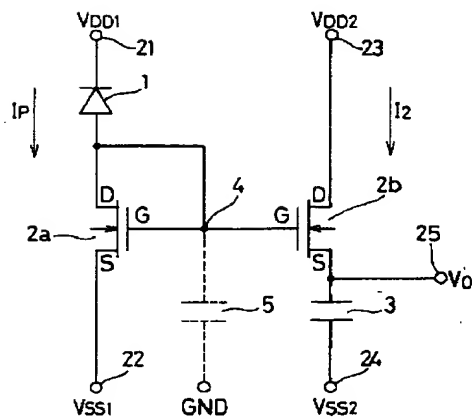
【図 2】



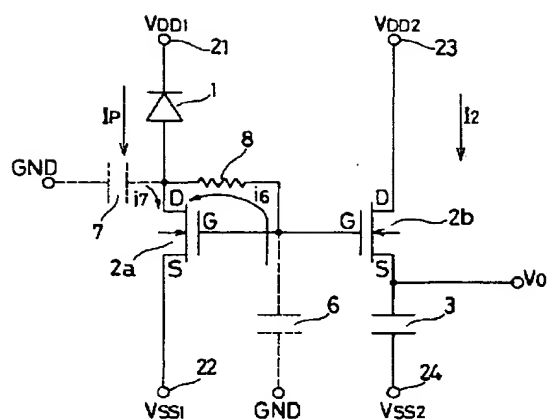
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72) 発明者 石田 耕一

大阪市中央区安土町二丁目 3 番 13 号 大阪
国際ビル ミノルタカメラ株式会社内

(72) 発明者 鮫島 幸一

大阪市中央区安土町二丁目 3 番 13 号 大阪
国際ビル ミノルタカメラ株式会社内